

лась за допомогою універсального гібридного методу Адамса-BDF, що дало можливість визначити значення теплоємностей і температур вузлів асинхронного частотно-керованого двигуна.

При роботі частотно-керованого асинхронного двигуна від перетворювача частоти типу НПЧ і АІН із ступінчастою формою вихідної напруги виникають всі складові основних втрат, додаткові електричні втрати в обмотках статора і ротора та додаткові втрати в осередях статора і ротора.

Дослідження температурного поля двигуна за допомогою математичної моделі теплового стану дозволило установити:

- виникнення додаткових втрат від вищих гармонік струму і магнітного потоку, зміну величини і співвідношення між потужностями тепловиділення вузлів ЕТС;

- додаткові магнітні втрати $P_{\text{магд}}$ складають 6% від основних магнітних втрат.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНА НА ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОСЕРДЯ СТАТОРА БАЗОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Панасенко К.С., Семенов С.Г.

Науковий керівник – Петренко О.М., канд. техн. наук, доцент

В наші дні асинхронні двигуни (АД) масово використовуються в електроприводі ліфтових лебідок, насосних та вентиляційних установках та ін. Однак, в деяких електроприводах спостерігається тенденція заміни АД синхронними двигунами з постійними магнітами (СДПМ). Це пояснюється тим, що СДПМ, дозволяють зменшити втрати в електричній машині, порівняно з асинхронними двигунами, тобто мають більший ККД.

При однакових значеннях номінальної потужності габаритні розміри СДПМ будуть менше, ніж у АД. Зазначена тенденція має практичне обґрунтування у світлі світового тренду – енергозбереження.

Методики проектування СДПМ широко відомі і проблем, пов'язаних зі створенням таких двигунів, не повинно виникати. Однак, споживачі не бажають вносити зміни в габарити існуючих установок, і виробники їх тільки підтримують в цьому. Тому було знайдено рішення, яке вже застосовувалося в машинах постійного струму: використовувати для СДПМ корпус і сердечник статора існуючого АД. Таким чином, можна залишити габарити двигуна незмінними і поліпшити його енергетичні показники і характеристики.

Метою роботи є розробка методики розрахунку СДПМ, з використанням сердечника статора від АД такої ж потужності, як і СДПМ. Проведення порівняльного аналізу електромеханічних характеристик спроектованого двигуна з характеристиками базового асинхронного двигуна.

В якості вихідних були використані методики проектування та наукові роботи. Розрахунок синхронного двигуна виконується з припущення, що відомі геометричні розміри статора і його зубцевої зони. Також невід'ємною частиною методики проектування ставати визначення електромеханічних характеристик.

Номінальна напруга, режим роботи та номінальна частота обертання визначаються технічними умовами на двигун.

Завдання полягає у визначенні електромагнітних навантажень СДПМ, розрахунку обмотувальних даних і знаходженні проектної потужності.

Проектна потужність двигуна P_N визначається статичним моментом на валу M_N і номінальною частотою обертання n_N .

По рекомендаціям, попередньо приймаємо ККД η_N і коефіцієнт потужності $\cos\varphi_N$.

Визначаємо коефіцієнт режиму роботи k_{dm} , який враховує коефіцієнт перевищення температури k_t , коефіцієнт режиму тривалості включення ПВ k_{pv} , коефіцієнт запасу k_s для механізмів підйому і переміщення, а також коефіцієнта k_r – враховує наявність релейно-контакторної системи керування:

Визначаємо коефіцієнт режиму роботи k_{dm} , який враховує коефіцієнт перевищення температури k_t , коефіцієнт режиму тривалості включення ПВ k_{pv} , коефіцієнт запасу k_s для механізмів підйому і переміщення, а також коефіцієнта k_r – враховує наявність релейно-контакторної системи керування:

$$k_{dm} = \frac{k_r}{k_t \cdot k_{pv} \cdot k_s}. \quad (1)$$

На підставі отриманих даних розраховуємо номінальний струм у фазі двигуна

$$I_N = \frac{P_N \cdot k_{dm}}{m \cdot U_{Nf} \cdot \eta_N \cdot \cos\varphi_N}, \quad (2)$$

де U_{Nf} – номінальна фазна напруга;

m – число фаз.

Попередньо приймаємо величину магнітної індукції в повітряному зазорі B_δ і знаходимо магнітний потік

$$\Phi_{\delta} = \frac{2B_{\delta}DL_{\delta}}{p}, \quad (3)$$

де D – внутрішній діаметр статора;

L_{δ} – довжина пакета статора;

p – число пар полюсів.

Знайдене з (3) значення магнітного потоку в повітряному зазорі машини дозволяє визначити кількість витків у фазі обмотки статора

$$W = \frac{k_e U_N}{4.44 \cdot k_w \cdot f_N \cdot \Phi_{\delta}}, \quad (4)$$

де k_e – коефіцієнт зменшення ЕРС;

k_w – попереднє значення обмотувального коефіцієнта;

f_N – частота живлячої напруги U_N при номінальній швидкості.

Далі знаходимо число провідників в пазу при числі паралельних гілок a і числі пазів на полюс і фазу q , які можуть бути прийняті в першому наближенні як у базовому асинхронному двигуні:

$$N_p = \frac{W \cdot a}{q \cdot p}. \quad (5)$$

Для досягнення високого значення ККД щільність струму в обмотці статора не повинна перевищувати $4 - 5 \text{ А/мм}^2$.

За відомою величиною номінального струму, яка знайдена за (2), і заданої щільності струму, знаходиться переріз провідника обмотки. В якості контролю правильності вибору обмотувальних даних виконується оцінка величини лінійної навантаження

$$A = \frac{Z \cdot N_p \cdot I_N}{\pi D \cdot a}. \quad (6)$$

Проводимо перевірку показників лінійного навантаження, значення якого в промислових СДПМ не повинно перевищувати 30000 А/м .

Розрахунок СДПМ виконувався в програмі Ansys RMXprt. Початкові геометричні розміри, обмотувальні дані і величина напруги живлення автоматично налаштовуються в модулі оптимізації Optimetrics з критерієм оптимальності – максимальний ККД.

Розрахунки виконувались при умові сталості частоти обертання, що забезпечується системою управління. Критерієм правильності розрахунку СДПМ є отримання, при підтримуванні системою керування номінальної частоти обертання та потужності на валу, рівній свого номінального значення. Спроектований СДПМ задовольняє всім контрольним критеріям.

Висновки. Розроблена методика проектування СДПМ, заснована на попередніх роботах, що використовує в якості вихідних (заданих) даних геометрію сердечника статора і враховує електромеханічні характеристики в якості одного з критеріїв ефективності двигуна.

СДПМ показав більш високий ККД і переважувальну здатність, ніж базовий ПЕКЛЮ в тому ж конструктивному виконанні, що підтверджує доцільність модернізації існуючого парку АД в СДПМ для систем електроприводу народного господарства – від ліфтових лебідок до міського транспорту.

ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕОСТАТНОГО ПУСКУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВАГОНА МЕТРО СЕРІЇ ЕжЗ

Суржук О.О., Швець О.М.

Науковий керівник – Донець О.В., канд. техн. наук, доцент

Втрата електроенергії на тягу при імпульсному безреостатному пуску й рекуперативно-реостатному гальмуванні тягових машин складається із втрат: на тягових підстанціях і в контактній мережі, у тиристорних перетворювачах, зубчастих передачах, на подолання основного опору руху.

На тягових підстанціях метрополітену встановлюють випрямні агрегати УВКМ-5М, УВКМ-6, коефіцієнт корисної дії яких при випрямленому струмі 1600-3200А становить 97,5%. З урахуванням втрат у зрівнювальних реакторах к.п.д. тягової підстанції може бути прийнятий 0,95.

Втрати в контактній мережі являють собою різницю між енергією, що надійшла від підстанції, і енергією, споживаної електропоїздом. Енергопостачання вагонів здійснюється від контактної рейки, що має площу перерізу 6600 мм² і питомий опір 0,122- 0,134 Ом ·мм²/м

Повний опір тягової мережі являють собою суму опорів контактної рейки, рейкової колії, що живлять і відсмоктують кабелів. Втрати потужності в тяговій мережі:

$$\Delta P_{\text{тс}} = \sum_{1}^n I_{\text{пн}} \cdot R_{\text{тс}} \quad (1)$$

де $I_{\text{пн}}$ – пусковий струм тягових машин, А;

$R_{\text{тс}}$ – опір тягової мережі, Ом.

Середній к.к.д. тягової мережі метрополітену при напрузі 825В становить 0,92-0,94.